



Черкашина О. С.

## НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗРАХУНКУ РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ ПРИ СКЛАДАННІ З ТЕРМОВПЛИВОМ

Для забезпечення точності складання з термовпливом багатоелементного з'єднання пропонується удосконалення нормативно-методичного матеріалу обчислення розмірної точності за рахунок отримання удосконаленої формули розрахунку розмірних ланцюгів та класифікації деталей типу «втулка» з визначенням температурних зазорів, що утворюються під дією температури

**Ключові слова:** нормативне забезпечення, якість складання, розмірна точність, термовплив, температурний зазор.

### 1. Вступ

Якість роботи машин та механізмів в значній степені залежать від якості виготовлення деталей та процесу складання [1–4]. Процес складання як після безпосереднього виготовлення деталей, так і після процесів їх відновлення при ремонті [5–12], базується на розробці конструкторської і технологічної документації, обов'язковим елементом яких є розрахунок розмірних ланцюгів.

Існуючи міждержавні, національні, галузеві нормативні документи регламентують порядок, правила розрахунку розмірних ланцюгів при умові, що посадочний діаметр «втулка» гарантовано більший від посадочного діаметру «вал» [13]. У випадку складання з термовпливом між деталями після їх охолодження з'являються температурні зазори, що призводить до порушення розмірної точності складального вузлу, а в деяких випадках до неможливості процесу складання. У зв'язку з цим, необхідно розробити нормативний матеріал розрахунку розмірних ланцюгів з урахуванням температурних зазорів.

### 2. Аналіз досліджень та публікацій

В Україні, при розробці технологічного процесу складання на етапі конструювання використовуються міждержавні стандарти: ГОСТ 16319-80; ГОСТ 16320-80, а на етапі складання використовують технологічні та конструкторські рішення для досягнення необхідної розмірної точності, що потребує додаткових технологічних операцій та витрат [14–16]. Але зменшення сумарної похибки складання та зменшення технологічних операцій можливо на етапі конструювання.

Мета роботи полягала в удосконаленні нормативно-методичного з забезпечення якості складання з термовпливом в машинобудуванні на основі теорії розрахунку розмірних ланцюгів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати вплив сил на зміну геометричних параметрів деталей при з'єднанні за допомогою нагріву.

2. Запропонувати удосконалену формулу розрахунку розмірних ланцюгів для отримання багатоелементного з'єднання з заданими параметрами з урахуванням температурних зазорів.

3. Зробити класифікацію деталей типу «втулка» та отримати моделі визначення температурних зазорів між елементами з'єднання.

### 3. Визначення температурного зазору при складанні з термовпливом

Відомо, що у машинобудуванні процес складання з термовпливом визначається трьома операціями з деталлю типу «втулка»: нагрів, транспортування та складання [17–18].

Як показали дослідження при виконанні операції складання в осьовому напрямленні утворюється температурний зазор внаслідок зміни розмірів «втулка» в бік зменшення за рахунок одночасної дії радіальної сили та сили стискання, обумовлених відповідно внутрішнім контактним тиском у результаті натягу і температурними деформаціями (рис. 1).

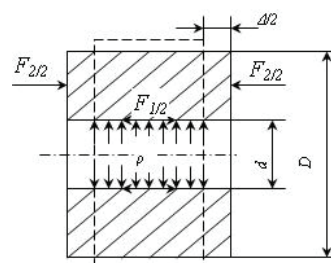


Рис. 1. Схема дії сил на зміну розмірів втулки за допомогою нагріву

Дана величина складається з половин початкової температурної деформації і кінцевого загального осьового подовження кожної з «втулка» після її скріплення, і дорівнює:

$$\Delta = 0,5(\beta_{\text{ВТ}} l T_{\text{ВТ}} + \Delta_0), \quad (1)$$

де  $\beta_{\text{ВТ}}$  — коефіцієнт лінійного розширення «втулка»;  $l$  — довжина посадкової поверхні;  $T_{\text{ВТ}}$  — температура нагріву «втулка»;  $\Delta_0$  — загальне осьове подовження «втулка» після її скріплення з «вал».

У математичній моделі (1) рівняння загального осьового подовження «втулка» після її скріплення з «вал» визначили як переміщення торцевій поверхні «втулка»  $\Delta_{\text{ВТ}}$  і зменшення довжини «втулка»  $\Delta'$ .

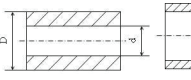
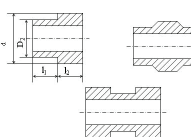
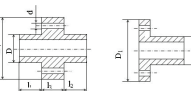
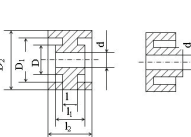
В залежності від класифікації деталей типу «втулка» запропонували моделі визначення загального осьового продовження (табл. 1).

На величину температурного зазору, крім дії радіальної сили та сили стискання, також можуть впливати

випадкові фактори, такі як температура транспортування, час охолодження, чистота посадкової поверхні «вал» та «втулка» та інше, вплив кожного з якого достатньо малий, то по теоремі О. М. Ляпунова величина температурного зазору між елементами з'єднання в осьовому напрямленні змінюється за нормальним законом розподілу [19].

Таблиця 1

Визначення загального осьового продовження

Характеристика деталей типа «втулка»	Ескіз деталі	Загальне осьове продовження
З зовнішньою поверхнею одного діаметра		$\Delta = 0,5(\beta_{\text{вт}} l T_{\text{вт}} + \Delta_0)$ $\Delta_0 = \frac{2\mu p l d}{E(D^2 - d^2)} + \beta_{\text{вт}} l (T_{\text{вт}} - T_{\text{в}})$
З зовнішньою поверхнею різного діаметра		$\Delta = 0,5(\beta_{\text{вт}} l T_{\text{вт}} + \Delta_0)$ $\Delta_0 = \frac{2\mu p l_1 d}{E(D_1^2 - d^2)} + \frac{2\mu p l_2 d}{E(D_2^2 - d^2)} + \beta_{\text{вт}} l (T_{\text{вт}} - T_{\text{в}})$
З диском		$\Delta = 0,5(\beta_{\text{вт}} l T_{\text{вт}} + \Delta_0)$ $\Delta_0 = \frac{2\mu p l_1 d}{E(D_1^2 - d^2)} + \frac{2\mu p l_2 d}{E(D_2^2 - d^2)} + \frac{2\mu p l_3 d d_1}{E(D_1^2 - d^2 - d_1^2)} + \beta_{\text{вт}} l (T_{\text{вт}} - T_{\text{в}})$
З диском та ободом		$\Delta = 0,5(\beta_{\text{вт}} l T_{\text{вт}} + \Delta_0)$ $\Delta_0 = \frac{2\mu p l d}{E(D^2 - d^2)} + \frac{2\mu p l_1 D}{E(D_1^2 - D^2)} + \frac{2\mu p l_2 D_1}{E(D_2^2 - D_1^2)} + \beta_{\text{вт}} l (T_{\text{вт}} - T_{\text{в}})$

Для визначення розподілу температури та підтвердження зміни величини температурного зазору було виконано математичне моделювання теплового стану деталі типу «втулка» за допомогою використання існуючих систем автоматизованого інженерного аналізу, таких як SolidWorks 2010 та SolidWorks Simulation 2010 [20–21].

Моделювання теплових процесів, що проходять, при складанні з термовпливом та знання закону розподілу зміни температурних зазорів дає можливість керувати зв'язками, що утворюються між поверхнями деталей, і відповідно використати отриману величину зазору між елементами з'єднання в осьовому напрямленні для зменшення сумарної похибки складання.

На етапі технологічної підготовки виробництва у машинобудуванні вперше пропонується використовувати

удосконалену формулу розрахунку розмірних ланцюгів для отримання багатоеlementного з'єднання з заданими параметрами з урахуванням температурних зазорів, яка має вигляд:

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^n (\xi_{A_i} A_i - (\beta_{\text{вт}i} l_i T_{\text{вт}i} + \Delta_{0i})), \quad (3)$$

де  $A_{\Delta}$  — номінальний розмір замикаючої ланки розмірного ланцюга;  $A_i$  — номінальний розмір складової ланки розмірного ланцюга;  $\xi_{A_i}$  — передавальне відношення  $i$ -ланки, яке може приймати різний зміст та значення в залежності від виду розмірного ланцюга.

Удосконалена формула розрахунку розмірного ланцюга дозволяє зменшити сумарну похибку складання з термовпливом без виконання додаткових технологічних операцій.

## 5. Висновки

Отримані в роботі нормативно-методичні матеріали з забезпечення точності складання з термовпливом в машинобудуванні здійснюється за рахунок розробки наукових засад розрахунку розмірних ланцюгів з урахуванням температурних зазорів, які з'являються в процесі складання при багатоеlementному з'єднанні в осьовому напрямленні.

## Література

1. Трищ, Р. М. Определение модели показателей качества изделий как случайной величины [Текст] / Р. М. Трищ, А. Н. Куцын, М. В. Шабалдас // Вестник национального технического университета «ХПИ». — 2008. — № 14 — С. 153–157.
2. Трищ, Р. М. Обобщенная точечная и интервальная оценки качества изготовления деталей ДВС [Текст] / Р. М. Трищ, Е. А. Слитюк // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 1/2(19). — С. 63–67.
3. Федин, С. С. Обеспечение качества типовых деталей машиностроения методом нейросетевой классификации статистических законов распределения [Текст] / С. С. Федин, Р. М. Трищ // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2006. — № 3/2(21). — С. 93–100.
4. Трищ, Р. М. Размерный расчет сборочных размерных цепей при соединении деталей нагревом [Текст] / Р. М. Трищ, О. С. Черкашина // Вестник национального технического университета «ХПИ». — 2010. — № 46 — С. 257–261.
5. Дудников, А. А. Проектирование технологичных процессов сервисных предприятий [Текст] / А. А. Дудников, П. В. Писаренко, О. І. Біловод та ін. — Вінниця: Наукова книга, 2011. — 400 с.
6. Дудников, А. А. Повышение долговечности деталей при их восстановлении [Текст] / А. А. Дудников, А. И. Беловод, А. В. Канивец, В. В. Дудник // Научно-инновационная деятельность в агропромышленном комплексе. Сб. науч. статей 5-й Международной научно-практической конференции. — Минск, БГТУ. — 2011. — С. 142–144.
7. Дудников, А. А. К вопросу выбора режимов упрочняющей обработки [Текст] / А. А. Дудников, А. И. Беловод, А. А. Келемеш // Сб. научных трудов международной научно-практической конференции «Механика ударно-волновых процессов в технологических системах». — Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ. — 2012. — С. 87–93.
8. Дудников, А. А. Виды износостойкости деталей сельскохозяйственных машин в процессе эксплуатации [Текст] / А. А. Дудников, Т. Г. Лапенко, И. А. Дудников, А. И. Беловод // Вісник ХДТУСГ ім. П. Василенка: «Механізація сільського виробництва». — Х.: ХДТУСГ, 2006. — Вип. 44, Т. 2. — С. 264–269.
9. Дудников, А. А. Повышение долговечности деталей машин пластическим деформированием [Текст] / А. А. Дудников, А. И. Беловод, В. В. Дудник, А. В. Канивец // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. — Луцьк: ЛНТУ, 2011. — Вип. 32. — С. 128–131.

10. Дудников, А. А. Влияние вида обработки на напряженное состояние рабочего слоя упрочняемой детали [Текст] / А. А. Дудников, А. И. Беловод // Сборник научных трудов Белорусского ГАТУ. Минск: 2009. — С. 280–283.
11. Дудников, А. А. Проверка условий подобия стендовых и эксплуатационных испытаний рабочих органов свеклоуборочных машин [Текст] / А. А. Дудников, А. И. Беловод, И. А. Дудников // Вісник ПДАА. — Полтава, 2006. — № 4. — С. 48–50
12. Демин, Ф. И. Исследование размерных связей соединений и передач при конструировании и изготовлении изделий [Текст] / Ф. И. Демин // Известия вузов. Авиационная техника. — 1982. — № 1. — С. 77–82.
13. Булатов, В. П. Расчет точности машин и приборов [Текст] / В. П. Булатов, И. Г. Фридендер. — СПб.: Политехника, 1993. — 495 с.
14. Бородачев, Н. А. Анализ качества и точности производства [Текст] / Н. А. Бородачев. — М.: Машгиз, 1946. — 251 с.
15. Кубарев, А. И. Методика расчета размерных цепей [Текст] / А. И. Кубарев, Ю. В. Лопаткин. — М.: ВНИИНМАШ, 1970. — 66 с.
16. Солонин, И. С. Расчет сборочных и технологических размерных цепей [Текст] / И. С. Солонин, С. И. Солонин. — М.: Машиностроение, 1980. — 110 с.
17. Rychlik, I. Probability and Risk Analysis [Text] / I. Rychlik, J. Ryden. — An Introduction for Engineers, Springer 1, 2006.
18. Juran, J. M. Juran's Quality Handbook [Text] / J. M. Juran. — McGraw-Hill Professional; 5th edition: September 1, 2000. — 1730 p.
19. Saaty, T. L. An eigenvalue allocation model for prioritization and planning [Text] / T. L. Saaty. — Energy Management and Policy Center, University of Pennsylvania, 1972.

20. Bathe, K. J. Computational Fluid and Solid Mechanics [Text] / K. J. Bathe. — Elsevier Science, 2003. — 2524 p.
21. Lombard, M. SolidWorks 2011 Parts Bible [Text] / M. Lombard. — John Wiley, 2011. — 864 p.

#### НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАСЧЕТА РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ СБОРКЕ С ТЕРМОВОЗДЕЙСТВИЕМ

Для обеспечения точности сборки с термовоздействием многоэлементного соединения предлагается усовершенствование нормативно-методического материала вычисления размерной точности за счет получения усовершенствованной формулы расчета размерных цепей и классификации деталей типа «втулка» с определением температурных зазоров, образующихся под действием температуры

**Ключевые слова:** нормативное обеспечение, качество сборки, размерная точность, термовоздействие, температурный зазор.

*Черкашина Ольга Сергіївна, асистент, кафедра охорони праці, стандартизації та сертифікації, Українська інженерно-педагогічна академія, Україна,  
e-mail: olgacherkashina@mail.ru.*

*Черкашина Ольга Сергеевна, ассистент, кафедра охраны труда, стандартизации и сертификации, Украинская инженерно-педагогическая академия, Украина.*

*Cherkashina Olga, Ukrainian Engineering and Pedagogical Academy, Ukraine, e-mail: olgacherkashina@mail.ru*

УДК 621.9 — 621.98

Семчук Г. И.

## МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

*Статья посвящена анализу методов восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственных машин, как в нашей стране, так и в ряде зарубежных стран.*

*Рассмотренные методы восстановления рабочих органов сельскохозяйственных машин, которые из-за использования дорогостоящего технологического оборудования, высокой себестоимости, а также в силу сложности технологических процессов восстановления не нашли еще широкого применения в сельскохозяйственном ремонтном производстве.*

**Ключевые слова:** пластическое деформирования, вибрационное упрочнение, дислокации, долговечность, технологический процесс.

### 1. Введение

Восстановление деталей является технически обоснованным и экономически оправданным мероприятием, поскольку позволяет сокращать время простоя, повышать качество технического обслуживания и ремонта и положительно влиять на улучшение показателей надежности машин. Последние, безусловно, должны определяться по интегральным характеристикам [1–4], значения которых, в свою очередь, должны обеспечиваться после проведения процессов восстановления деталей.

Целесообразность восстановления деталей более эффективными технологиями заключается в снижении себестоимости ремонта сборочных единиц, агрегатов и машин

за счет снижения затрат на новые запасные части и сокращении производственных затрат при их эксплуатации. Применение прогрессивных технологических процессов позволяет уменьшить до 10 % время на восстановление и ремонт, на 22...25 % увеличить наработку на машину и на 30...45 % повысить ее продуктивность [5].

Представляют особый интерес рабочие органы почвообрабатывающей техники, техническое состояние которой в значительной мере оказывает влияние на урожайность. Качественное восстановление деталей машин позволит существенно снизить затраты металла на запчасти, сократить по сравнению с изготовлением число технологических операций в 5...8 раз, что позволит получать значительный экономический эффект [6].